тоду А.А.Глагольева через объем пузырьков в сечении угловых темплетов, составляет 70-85 %.

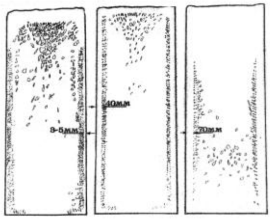

Рис. 1. Слиток без виброобработки, с обработкой 5 мин и 15 мин

Глубина залегания зоны сотовых пузырей определяется временем вибровоздействия. При виброобработке в течение 5 мин зона сотовых пузырей располагается на глубине 40 мм от поверхности, при виброобработке в течение 5 мин – на глубине 70 мм. В слитке без виброобработки зона сотовых пузырей расположена на глубине 3-5 мм.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГАЗАЦИИ СЛИТКА ПРИ ВИБРАЦИИ

В. В. Бочка д.т.н. проф., НМетАУ, В. П. Лялюк, д.т.н. проф.,
В. М. Серветник, к.т.н, доц., В. В. Кривенко, к.т.н, доц., Е. В.Чупринов маг., Криворожский металлургический институт ГВУЗ «КНУ»

Величины, обуславливающие процесс дегазации кипящего слитка это - диаметр пузырька газа $d_{мм}$, поверхностное натяжение на границе газа и расплава σ (Н/м), гидростатическое давление столба расплава $P_г$ (Па), кинематическая вязкость расплава γ ($м^2/с$) и соотношение плотностей расплава и газа ρ_1, ρ_2 ($кг/м^3$).

При вибрации отрыв пузырьков значительно зависит от ускорения вибрации, которое связано с амплитудой и частотой зависимостью: $w = \grave{A}\cdot\omega^2$.

В общем виде уравнение связи между величинами, существенно влияющими на отрыв газового пузырька при вибрации имеет вид:

$$Ð_{ìòð} = f(d,\sigma,P_{ã},\gamma,\rho_1,\rho_2,w)$$

По числу пар величин с одинаковыми размерностями в уравнении имеется два параметрических критерия: $Ð_{ìòð} / P_{ã}$ и ρ_1 / ρ_2. Два других критерия находим из анализа взаимодействия сил тяжести и поверхностного натяжения.

С целью исключения скорости, для которой нет возможности определить граничные значения скоростей в расплаве, составляем комбинацию из критериев Фруда и Рейнольдса:

$$\frac{\mathrm{Re}^2}{Fr} = \frac{\omega^2 l^2}{\nu^2} : \frac{\omega^2}{gl} = \frac{gl^3}{\nu^2} = Ga$$

В полученном критерии Галилея заменяем силу тяжести подъемной силой, равной: $(\rho_1 - \rho_2)g = \Delta\rho g$. Получаем критерий Архимеда

$$Ar = Ga\frac{\Delta\rho}{\rho_1} = \frac{gl^3}{\nu^2} \cdot \frac{\Delta\rho}{\rho_1}$$

Следующий критерий определяем из условия равновесия пузырька, закрепленного на твердой поверхности, в жидкости

$$\pi \cdot a \cdot \sigma \cdot \sin\theta = Vgp + \frac{\pi \cdot a^2}{4}\left(\frac{2\sigma}{r} - \rho gh\right)$$

где, а – диаметр окружности, по которой пузырек прикрепляется к твердой поверхности, м; σ – поверхностное натяжение на разделе «расплав-газ», Н/м; θ – краевой угол смачивания, рад; V – объем пузырька, $м^3$; ρ – плотность расплава, $кг/м^3$; h – высота пузырька, м; r – радиус пузырька, м; g – ускорение силы тяжести, $м/с^2$.

В приведенном уравнении составляющая $\frac{\pi \cdot a^2}{4}\left(\frac{2\sigma}{r} - \rho gh\right)$ представляет собой добавочную силу отрыва пузырька, которая появляется вследствие разницы давлений в газе и жидкости. Эта разница давлений внутри пузырька и вне его приводит к появлению добавочной силы отрыва, равной произведению площади контакта $\frac{\pi \cdot a^2}{4}$ на величину добавочного давления $\left(\frac{2\sigma}{r} - \rho gh\right)$.

С учетом ускорения вибрации уравнение имеет вид:

$$\pi \cdot a \cdot \sigma \cdot \sin\theta = V\rho(g \pm w) + \frac{\pi \cdot a^2}{4} \cdot \left(\frac{2\sigma}{r} - \rho h(g \pm w)\right)$$

где, w – ускорение колебаний, $м/с^{-2}$.

Из уравнения видно, что отрыв пузырька наступает тогда, когда сумма подъемной (Архимедовой) силы $V\rho(g \pm w)$ и добавочной $\frac{\pi \cdot a^2}{4} \cdot (\frac{2\sigma}{r} - \rho h(g \pm w))$ станет равной или больше удерживающей силы $\pi \cdot a \cdot \sigma \cdot \sin\theta$.

Для случая, когда определяющей является сила поверхностного натяжения, основным критерием подобия является критерий Вебера

$$We = \frac{\rho g l^2}{\sigma}$$

Уравнение связи между критериями подобия имеет вид:

$$\frac{P_{\text{îòð}}}{\text{Đ}_{\text{â}}} = f(\frac{gl^3}{v^2} \cdot \frac{\Delta\rho}{\rho_1}; \frac{p_1 g l^2}{\sigma}; \frac{\rho_1}{\rho_2})$$

Для соблюдения подобия процессов в модели и натуре при отрыве газовых пузырьков необходимо и достаточно выдержать:

$$We = idem; Ar = idem$$

Из равенства указанных критериев в модели и натуре находим линейный масштаб модели и диаметр пузырьков:

$$M_l = \frac{l_1}{l} = \sqrt[3]{\frac{v_1^2 \rho_1 \Delta\rho}{v^2 \rho \Delta\rho_1}}; \quad M_d = \frac{d_1}{d} = \sqrt{\frac{\sigma_1 \rho}{\sigma \rho_1}}.$$

***

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ СТАЛИ ПРИ РАЗЛИВКЕ В ИЗЛОЖНИЦЫ

Е. В. Чупринов, магистр, Р. Ю. Барабаш
Криворожский металлургический институт ГВУЗ “КНУ”

Моделирование процесса разливки стали в изложницы сверху с целью удаления газовых пузырьков производили в лабораторных условиях. В качестве моделирующего вещества (стали) использовался парафин, а роль газовых пузырьков выполняла полиэтиленовая крошка, которая подбирались таким образом, чтобы обеспечивалось ее медленное всплывание в расплавленном парафине.

Программа лабораторных исследований включала в себя два параллельных эксперимента, в ходе которых определялась скорость всплывания моделирующих частичек в обычных условиях и при виб-